

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/00633

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G05B19/042

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 424 869 A (KOMATSU MFG CO LTD ;YAMATAKE HONEYWELL CO LTD (JP)) 2 May 1991 see column 3, line 22 - column 5, line 16; figures 1-7 ---	1-3, 9
A	EP 0 352 759 B (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 17 January 1996 see column 4, line 40 - column 9, line 31; figures 1,2 ---	1, 2, 9

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

<sup>a</sup> Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 August 1998

Date of mailing of the international search report

21/08/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tran-Tien, T

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/00633

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BURCH J R ET AL: "SYMBOLIC MODEL CHECKING FOR SEQUENTIAL CIRCUIT VERIFICATION" 1 April 1994 , IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS, VOL. 13, NR. 4, PAGE(S) 401 - 424 XP000453301 cited in the application see the whole document ----	1-11
A	ENDERS R ET AL: "GENERATING BDDS FOR SYMBOLIC MODEL CHECKING IN CCS" 1 January 1991 , COMPUTER AIDED VERIFICATION 3RD. AALBORG, DENMARK, JULY 1-4, 1991, PAGE(S) 203 - 213 XP000350630 see the whole document ----	1-7
A	EP 0 580 663 B (SIEMENS AG) 4 January 1995 see column 2, line 48 - column 11, line 25; figure 1 ----	1,4,6
A	EP 0 685 792 A (AT & T CORP) 6 December 1995 see abstract -----	1,4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/00633

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0424869	A	02-05-1991	JP	2110034 C	21-11-1996
			JP	3137518 A	12-06-1991
			JP	8020284 B	04-03-1996
EP 0352759	B	31-01-1990	DE	3825280 A	01-02-1990
			DE	58909572 D	29-02-1996
			EP	0352759 A	31-01-1990
			ES	2081819 T	16-03-1996
			JP	2105201 A	17-04-1990
			JP	2769363 B	25-06-1998
			US	5107425 A	21-04-1992
EP 0580663	B	02-02-1994	DE	59201155 D	16-02-1995
			WO	9218944 A	29-10-1992
			EP	0580663 A	02-02-1994
			US	5491639 A	13-02-1996
EP 0685792	A	06-12-1995	CA	2147536 A	02-12-1995
			JP	7334566 A	22-12-1995
			US	5615137 A	25-03-1997

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**VERtrag über die internationale Zusammenarbeit  
auf dem Gebiet des Patentwesens**

**PCT**

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>GR 97 P 1301 P</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE 98/ 00633</b>	Internationales Anmelddatum (Tag/Monat/Jahr) <b>03/03/1998</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>11/03/1997</b>
Anmelder <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1.  Bestimmte Ansprüche haben sich als nichtrecherchierbar erwiesen (siehe Feld I).
2.  Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).
3.  In der internationalen Anmeldung ist ein Protokoll einer Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz offenbart; die internationale Recherche wurde auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt.
  - das zusammen mit der internationalen Anmeldung eingereicht wurde.
  - das vom Anmelder getrennt von der internationalen Anmeldung vorgelegt wurde,
    - dem jedoch keine Erklärung beigelegt war, daß der Inhalt des Protokolls nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der eingereichten Fassung hinausgeht.
  - das von der Internationalen Recherchenbehörde in die ordnungsgemäße Form übertragen wurde.
4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung
  - wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
  - wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt.
5. Hinsichtlich der Zusammenfassung
  - wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
  - wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der Feld III angegebenen Fassung von dieser Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Internationalen Recherchenbehörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.
6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen:
 

Abb. Nr. 1  wie vom Anmelder vorgeschlagen  keine der Abb.

  - weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.
  - weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/00633

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 G05B19/042

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 6 G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 424 869 A (KOMATSU MFG CO LTD ;YAMATAKE HONEYWELL CO LTD (JP)) 2. Mai 1991 siehe Spalte 3, Zeile 22 – Spalte 5, Zeile 16; Abbildungen 1-7 ---	1-3, 9
A	EP 0 352 759 B (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 17. Januar 1996 siehe Spalte 4, Zeile 40 – Spalte 9, Zeile 31; Abbildungen 1,2 ---	1, 2, 9 -/-



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  
 "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
 "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
 "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
 "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  
 "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden  
 "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist  
 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. August 1998	21/08/1998
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Tran-Tien, T

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/00633

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	BURCH J R ET AL: "SYMBOLIC MODEL CHECKING FOR SEQUENTIAL CIRCUIT VERIFICATION" 1. April 1994 , IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS, VOL. 13, NR. 4, PAGE(S) 401 - 424 XP000453301 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ----	1-11
A	ENDERS R ET AL: "GENERATING BDDS FOR SYMBOLIC MODEL CHECKING IN CCS" 1. Januar 1991 , COMPUTER AIDED VERIFICATION 3RD. AALBORG, DENMARK, JULY 1-4, 1991, PAGE(S) 203 - 213 XP000350630 siehe das ganze Dokument ----	1-7
A	EP 0 580 663 B (SIEMENS AG) 4. Januar 1995 siehe Spalte 2, Zeile 48 - Spalte 11, Zeile 25; Abbildung 1 ----	1,4,6
A	EP 0 685 792 A (AT & T CORP) 6. Dezember 1995 siehe Zusammenfassung -----	1,4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/00633

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0424869	A	02-05-1991	JP	2110034 C	21-11-1996
			JP	3137518 A	12-06-1991
			JP	8020284 B	04-03-1996
EP 0352759	B	31-01-1990	DE	3825280 A	01-02-1990
			DE	58909572 D	29-02-1996
			EP	0352759 A	31-01-1990
			ES	2081819 T	16-03-1996
			JP	2105201 A	17-04-1990
			JP	2769363 B	25-06-1998
			US	5107425 A	21-04-1992
EP 0580663	B	02-02-1994	DE	59201155 D	16-02-1995
			WO	9218944 A	29-10-1992
			EP	0580663 A	02-02-1994
			US	5491639 A	13-02-1996
EP 0685792	A	06-12-1995	CA	2147536 A	02-12-1995
			JP	7334566 A	22-12-1995
			US	5615137 A	25-03-1997

THIS PAGE BLANK (USPTO)

09/367778

514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

**Siemens AG  
New PCT application  
Our Case P-99,0101  
GR 97 P 1301 P US  
Inventor: Liggesmeyer**

Translation / May 6, 1999 / 911:849 / 4438 words

8555d6120

9981 00A 81 075104 dec 1/2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

An  
**SIEMENS AG**  
 Postfach 22 16 34  
 D-80506 München  
 GERMANY

ZT GG VM Mich M
Eing. 24. AUG. 1998
GR Frist

**PCT**

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERMITTLUNG DES  
INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS  
ODER DER ERKLÄRUNG

(Regel 44.1 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts  <b>GR 97 P 1301 P</b>	Absendedatum (Tag/Monat/Jahr)  <b>21/08/1998</b>
Internationales Aktenzeichen  <b>PCT/DE 98/ 00633</b>	WEITERES VORGEHEN      siehe Punkt 1 und 4 unten  Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr)  <b>03/03/1998</b>
Anmelder  <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.</b>	

<p>1. <input checked="" type="checkbox"/> Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß der internationale Recherchenbericht erstellt wurde und ihm hiermit übermittelt wird.</p> <p><b>Einreichung von Änderungen und einer Erklärung nach Artikel 19:</b> Der Anmelder kann auf eigenen Wunsch die Ansprüche der internationalen Anmeldung ändern (siehe Regel 46):</p> <p><b>Bis wann sind Änderungen einzureichen?</b> Die Frist zur Einreichung solcher Änderungen beträgt üblicherweise zwei Monate ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts; weitere Einzelheiten sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.</p> <p><b>Wo sind die Änderungen einzureichen?</b> Unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO, 34, CHEMIN des Colombettes, CH-1211 Genf 20. Telefaxnr.: (41-22) 740.14.35</p> <p><b>Nähre Hinweise</b> sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.</p> <p>2. <input type="checkbox"/> Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird und daß ihm hiermit die Erklärung nach Artikel 17(2)a übermittelt wird.</p> <p>3. <input type="checkbox"/> <b>Hinsichtlich des Widerspruchs</b> gegen die Entrichtung einer zusätzlichen Gebühr (zusätzlicher Gebühren) nach Regel 40.2 wird dem Anmelder mitgeteilt, daß             <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> der Widerspruch und die Entscheidung hierüber zusammen mit seinem Antrag auf Übermittlung des Wortlauts sowohl des Widerspruchs als auch der Entscheidung hierüber an die Bestimmungsämter dem Internationalen Büro übermittelt worden sind.</li> <li><input type="checkbox"/> noch keine Entscheidung über den Widerspruch vorliegt; der Anmelder wird benachrichtigt, sobald eine Entscheidung getroffen wurde.</li> </ul> </p> <p>4. <b>Weiteres Vorgehen:</b> Der Anmelder wird auf folgendes aufmerksam gemacht: Kurz nach Ablauf von <b>18 Monaten</b> seit dem Prioritätsdatum wird die internationale Anmeldung vom Internationalen Büro veröffentlicht. Will der Anmelder die Veröffentlichung verhindern oder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so muß gemäß Regel 90 bis bzw. 90<sup>a</sup>.3 vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung eine Erklärung über die Zurücknahme der internationalen Anmeldung oder des Prioritätsanspruchs beim Internationalen Büro eingehen.</p> <p>Innerhalb von <b>19 Monaten</b> seit dem Prioritätsdatum ist ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung einzureichen, wenn der Anmelder den Eintritt in die nationale Phase bis zu 30 Monaten seit dem Prioritätsdatum (in manchen Ämtern sogar noch länger) verschieben möchte.</p> <p>Innerhalb von <b>20 Monaten</b> seit dem Prioritätsdatum muß der Anmelder die für den Eintritt in die nationale Phase vorgeschriebenen Handlungen vor allen Bestimmungsämtern vornehmen, die nicht innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum in der Anmeldung oder einer nachträglichen Auswahlerklärung ausgewählt wurden oder nicht ausgewählt werden konnten, da für sie Kapitel II des Vertrages nicht verbindlich ist.</p>	
---	--

<p>Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde</p> <hr/> <p>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2      NL-2280 HV Rijswijk      Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,      Fax: (+31-70) 340-3016</p>	<p>Bevollmächtigter Bediensteter</p> <hr/> <p><b>Clifford Lekahena</b></p>
--	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## ANMERKUNGEN ZU FORMBLATT PCT/ISA/220

Diese Anmerkungen sollen grundlegende Hinweise zur Einreichung von Änderungen gemäß Artikel 19 geben. Diesen Anmerkungen liegen die Erfordernisse des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT), der Ausführungsordnung und der Verwaltungsrichtlinien zu diesem Vertrag zugrunde. Bei Abweichungen zwischen diesen Anmerkungen und obengenannten Texten sind letztere maßgebend. Nähere Einzelheiten sind dem PCT-Leitfaden für Anmelder, einer Veröffentlichung der WIPO, zu entnehmen.  
Die in diesen Anmerkungen verwendeten Begriffe "Artikel", "Regel" und "Abschnitt" beziehen sich jeweils auf die Bestimmungen des PCT-Vertrags, der PCT-Ausführungsordnung bzw. der PCT-Verwaltungsrichtlinien.

### HINWEISE ZU ÄNDERUNGEN GEMÄSS ARTIKEL 19

Nach Erhalt des internationalen Recherchenberichts hat der Anmelder die Möglichkeit, einmal die Ansprüche der internationalen Anmeldung zu ändern. Es ist jedoch zu betonen, daß, da alle Teile der internationalen Anmeldung (Ansprüche, Beschreibung und Zeichnungen) während des internationalen vorläufigen Prüfungsverfahrens geändert werden können, normalerweise keine Notwendigkeit besteht, Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 einzureichen, außer wenn der Anmelder z.B. zum Zwecke eines vorläufigen Schutzes die Veröffentlichung dieser Ansprüche wünscht oder ein anderer Grund für eine Änderung der Ansprüche vor ihrer internationalen Veröffentlichung vorliegt. Weiterhin ist zu beachten, daß ein vorläufiger Schutz nur in einigen Staaten erhältlich ist.

#### Welche Teile der internationalen Anmeldung können geändert werden?

Im Rahmen von Artikel 19 können nur die Ansprüche geändert werden.

In der internationalen Phase können die Ansprüche auch nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert (oder nochmals geändert) werden. Die Beschreibung und die Zeichnungen können nur nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert werden.

Beim Eintritt in die nationale Phase können alle Teile der internationalen Anmeldung nach Artikel 28 oder gegebenenfalls Artikel 41 geändert werden.

#### Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Innerhalb von zwei Monaten ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts oder innerhalb von sechzehn Monaten ab dem Prioritätsdatum, je nachdem, welche Frist später abläuft. Die Änderungen gelten jedoch als rechtzeitig eingereicht, wenn sie dem Internationalen Büro nach Ablauf der maßgebenden Frist, aber noch vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung (Regel 46.1) zugehen.

#### Wo sind die Änderungen nicht einzureichen?

Die Änderungen können nur beim Internationalen Büro, nicht aber beim Anmeldeamt oder der internationalen Recherchenbehörde eingereicht werden (Regel 46.2).

Falls ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung eingereicht wurde/wird, siehe unten.

#### In welcher Form können Änderungen erfolgen?

Eine Änderung kann erfolgen durch Streichung eines oder mehrerer ganzer Ansprüche, durch Hinzufügung eines oder mehrerer neuer Ansprüche oder durch Änderung des Wortlauts eines oder mehrerer Ansprüche in der eingereichten Fassung.

Für jedes Anspruchsblatt, das sich aufgrund einer oder mehrerer Änderungen von dem ursprünglich eingereichten Blatt unterscheidet, ist ein Ersatzblatt einzureichen.

Alle Ansprüche, die auf einem Ersatzblatt erscheinen, sind mit arabischen Ziffern zu numerieren. Wird ein Anspruch gestrichen, so brauchen, die anderen Ansprüche nicht neu nummeriert zu werden. Im Fall einer Neunumerierung sind die Ansprüche fortlaufend zu nummerieren (Verwaltungsrichtlinien, Abschnitt 205 b)).

Die Änderungen sind in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

#### Welche Unterlagen sind den Änderungen beizufügen?

##### Begleitschreiben (Abschnitt 205 b)):

Die Änderungen sind mit einem Begleitschreiben einzureichen.

Das Begleitschreiben wird nicht zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht. Es ist nicht zu verwechseln mit der "Erklärung nach Artikel 19(1)" (siehe unten, "Erklärung nach Artikel 19 (1)").

Das Begleitschreiben ist nach Wahl des Anmelders in englischer oder französischer Sprache abzufassen. Bei englischsprachigen internationalen Anmeldungen ist das Begleitschreiben aber ebenfalls in englischer, bei französischsprachigen internationalen Anmeldungen in französischer Sprache abzufassen.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## ANMERKUNGEN ZU FORMBLATT PCT/ISA/220 (Forts. fortsetzung)

Im Begleitschreiben sind die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen anzugeben. So ist insbesondere zu jedem Anspruch in der internationalen Anmeldung anzugeben (gleichlautende Angaben zu verschiedenen Ansprüchen können zusammengefaßt werden), ob

- i) der Anspruch unverändert ist;
- ii) der Anspruch gestrichen worden ist;
- iii) der Anspruch neu ist;
- iv) der Anspruch einen oder mehrere Ansprüche in der eingereichten Fassung ersetzt;
- v) der Anspruch auf die Teilung eines Anspruchs in der eingereichten Fassung zurückzuführen ist.

Im folgenden sind Beispiele angegeben, wie Änderungen im Begleitschreiben zu erläutern sind:

1. [Wenn anstelle von ursprünglich 48 Ansprüchen nach der Änderung einiger Ansprüche 51 Ansprüche existieren]:  
"Die Ansprüche 1 bis 29, 31, 32, 34, 35, 37 bis 48 werden durch geänderte Ansprüche gleicher Numerierung ersetzt; Ansprüche 30, 33 und 36 unverändert; neue Ansprüche 49 bis 51 hinzugefügt."
2. [Wenn anstelle von ursprünglich 15 Ansprüchen nach der Änderung aller Ansprüche 11 Ansprüche existieren]:  
"Geänderte Ansprüche 1 bis 11 treten an die Stelle der Ansprüche 1 bis 15."
3. [Wenn ursprünglich 14 Ansprüche existierten und die Änderungen darin bestehen, daß einige Ansprüche gestrichen werden und neue Ansprüche hinzugefügt werden]:  
Ansprüche 1 bis 6 und 14 unverändert; Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt."Oder" Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt; alle übrigen Ansprüche unverändert."
4. [Wenn verschiedene Arten von Änderungen durchgeführt werden]:  
"Ansprüche 1-10 unverändert; Ansprüche 11 bis 13, 18 und 19 gestrichen; Ansprüche 14, 15 und 16 durch geänderten Anspruch 14 ersetzt; Anspruch 17 in geänderte Ansprüche 15, 16 und 17 unterteilt; neue Ansprüche 20 und 21 hinzugefügt."

### "Erklärung nach Artikel 19(1)" (Regel 46.4)

Den Änderungen kann eine Erklärung beigelegt werden, mit der die Änderungen erläutert und ihre Auswirkungen auf die Beschreibung und die Zeichnungen dargelegt werden (die nicht nach Artikel 19 (1) geändert werden können).

Die Erklärung wird zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht.

Sie ist in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Sie muß kurz gehalten sein und darf, wenn in englischer Sprache abgefaßt oder ins Englische übersetzt, nicht mehr als 500 Wörter umfassen.

Die Erklärung ist nicht zu verwechseln mit dem Begleitschreiben, das auf die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen hinweist, und ersetzt letzteres nicht. Sie ist auf einem gesonderten Blatt einzureichen und in der Überschrift als solche zu kennzeichnen, vorzugsweise mit den Worten "Erklärung nach Artikel 19 (1)".

Die Erklärung darf keine herabsetzenden Äußerungen über den internationalen Recherchenbericht oder die Bedeutung von in dem Bericht angeführten Veröffentlichungen enthalten. Sie darf auf im internationalen Recherchenbericht angeführte Veröffentlichungen, die sich auf einen bestimmten Anspruch beziehen, nur im Zusammenhang mit einer Änderung dieses Anspruchs Bezug nehmen.

### Auswirkungen eines bereits gestellten Antrags auf internationale vorläufige Prüfung

Ist zum Zeitpunkt der Einreichung von Änderungen nach Artikel 19 bereits ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung gestellt worden, so sollte der Anmelder in seinem Interesse gleichzeitig mit der Einreichung der Änderungen beim Internationalen Büro auch eine Kopie der Änderungen bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde einreichen (siehe Regel 62.2 a), erster Satz).

### Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich der Übersetzung der internationalen Anmeldung beim Eintritt in die nationale Phase

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß bei Eintritt in die nationale Phase möglicherweise anstatt oder zusätzlich zu der Übersetzung der Ansprüche in der eingereichten Fassung eine Übersetzung der nach Artikel 19 geänderten Ansprüche an die bestimmten/ausgewählten Ämter zu übermitteln ist.

Nähere Einzelheiten über die Erfordernisse jedes bestimmten/ausgewählten Amts sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

5650  
Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

91 367778

2

Applicant's or agent's file reference GR 97 P 1301 P	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE98/00633	International filing date (day/month/year) 03 March 1998 (03.03.1998)	Priority date (day/month/year) 11 March 1997 (11.03.1997)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G05B 19/042		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	RECEIVED TC 2100 MAIL ROOM JULY 1 2001	

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of \_\_\_\_\_ sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I  Basis of the report
- II  Priority
- III  Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV  Lack of unity of invention
- V  Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI  Certain documents cited
- VII  Certain defects in the international application
- VIII  Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 26 August 1998 (26.08.1998)	Date of completion of this report 21 December 1998 (21.12.1998)
Name and mailing address of the IPEA/EP European Patent Office D-80298 Munich, Germany Facsimile No. 49-89-2399-4465	Authorized officer Telephone No. 49-89-2399-0

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

**I. Basis of the report**

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

the international application as originally filed.

the description, pages 1-17, as originally filed,

pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,

pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,

pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

the claims, Nos. 1-11, as originally filed,

Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,

Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,

Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,

Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

the drawings, sheets/fig 1/9-9/9, as originally filed,

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

the description, pages \_\_\_\_\_

the claims, Nos. \_\_\_\_\_

the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3.  This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No. PCT/DE 98/00633
--

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

## 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1 - 11	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1 - 11	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1 - 11	YES
	Claims		NO

## 2. Citations and explanations

1. The subject matter of the application is a method for computer-assisted error checking of sensors and/or actors in a technical system which exists in the form of a finite state description having the states of a technical system, using a computer.
2. The problem to be solved by the invention is to indicate a method for computer-assisted error checking of sensors and/or actors in technical systems which guarantees the correctness of error checking.
3. Method steps a), b), c) and d) defined in Claim 1 ensure that all the dangerous states as regards predetermined conditions for the error under investigation, i.e., for the defective sensor and/or actor, are determined.  
 This procedure cannot be derived from the prior art cited in the search report.  
 The subject matter of Claim 1 is therefore novel and inventive.
4. The same applies to Claims 2 - 7, which are dependent on Claim 1.

.../...

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**International application No.  
PCT/DE 98/00633

(Continuation of V.2)

5. Claims 8 to 11 relate to the use of the method according to any one of the Claims 1 to 7 and therefore they, too, are novel and inventive.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**VIII. Certain observations on the international application**

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

1 Claim 1 still contains a few obscurities, which impair understanding of its intended scope of protection. For instance, it should be clear from method step b) that, in the claimed method, a first number of attainable states for the technical system is determined in the error-free case.

Method step e), in which *result states which satisfy predeterminable conditions are determined from the differential number*, is not quite clear either. For instance, it is explained in the abstract that the differential number of states is derived from the two descriptions whose states are checked as to whether they comply with predeterminable conditions. However, this statement is not quite consistent with the definition in Claim 1. Furthermore, it is also explained in the description, page 3, last paragraph, that the method ensures that all the "dangerous states" as regards predeterminable conditions are detected for the error under investigation, i.e., for the defective sensor and/or actor. These facts therefore still require clarification or more precise definition.

Finally, it is not clear from the wording whether method steps a) to e) concern the computer or the method.

2 Parts of the dependent claims are not worded in clear technical German. See the expressions "Model Checking" in Claim 4, "Binary Decision Diagram" in Claim 7 and "Rapid Prototyping" in Claim 8.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

Date of mailing:  
17 September 1998 (17.09.98)

To:  
United States Patent and Trademark  
Office  
(Box PCT)  
Crystal Plaza 2  
Washington, DC 20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

International application No.:  
PCT/DE98/00633

Applicant's or agent's file reference:  
GR 97 P 1301 P

International filing date:  
03 March 1998 (03.03.98)

Priority date:  
11 March 1997 (11.03.97)

Applicant:  
LIGGESMEYER, Peter

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

in the demand filed with the International preliminary Examining Authority on:  
26 August 1998 (26.08.98)

in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:  
\_\_\_\_\_

2. The election  was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer:

J. Zahra  
Telephone No.: (41-22) 338.83.38

2236779

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

**PCT**

REC'D 23 DEC 1998  
 WIPO PCT

## INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>GR 97 P 1301 P</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	
siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)		
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE98/00633</b>	Internationales Anmeldedatum ( <i>Tag/Monat/Jahr</i> ) <b>03/03/1998</b>	Priority date ( <i>Tag/Monat/Jahr</i> ) <b>11/03/1997</b>
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK <b>G05B19/042</b>		
Anmelder <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.</b>		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.

2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I     Grundlage des Berichts
- II    Priorität
- III    Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erforderliche Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV    Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V    Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erforderlichen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI    Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII    Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII    Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags <b>26/08/1998</b>	Datum der Fertigstellung dieses Berichts <b>21.12.98</b>
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde   <b>Europäisches Patentamt</b> <b>D-80298 München</b> <b>Tel. (+49-89) 2399-0, Tx: 523656 epmu d</b> <b>Fax: (+49-89) 2399-4465</b>	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Becker, K</b> <b>Telefon (+49-89) 2399-2601</b>



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER  
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/DE98/00633

**I. Grundlag d s B rights**

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

**Beschreibung, Seiten:**

1-17                    ursprüngliche Fassung

**Patentansprüche, Nr.:**

1-11                    ursprüngliche Fassung

**Zeichnungen, Blätter:**

1/9-9/9                ursprüngliche Fassung

**2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:**

Beschreibung,            Seiten:  
 Ansprüche,                Nr.:  
 Zeichnungen,              Blatt:

3.  Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

**4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:**

**V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

**1. Feststellung**

Neuheit (N)                    Ja: Ansprüche 1-11  
                                Nein: Ansprüche

Erfinderische Tätigkeit (ET)    Ja: Ansprüche 1-11  
                                Nein: Ansprüche

Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)    Ja: Ansprüche 1-11  
                                Nein: Ansprüche

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER  
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/DE98/00633

**2. Unterlagen und Erklärungen**

**siehe Beiblatt**

**VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

**siehe Beiblatt**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Punkt V:**

1. Gegenstand der Anmeldung ist ein Verfahren zur rechnergestützten Fehleranalyse von Sensoren und/oder Aktoren in einem technischen System, welches in Form einer zustandsdichten Beschreibung vorliegt, die Zustände eines technischen Systems aufweist, durch einen Rechner.
2. Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zur rechnergestützten Fehleranalyse von Sensoren und/oder Aktoren in einem technischen System anzugeben, mit dem die Korrektheit von Fehleranalysen gewährleistet wird.
3. Durch die im Anspruch 1 angegebenen Verfahrensschritte a), b), c) und d) wird gewährleistet, daß alle für den jeweiligen untersuchten Fehlerfall, d.h. für den fehlerhaften Sensor und/oder Aktor, hinsichtlich vorgebbarer Bedingungen gefährliche Zustände ermittelt werden.  
Diese Vorgehensweise ist dem aus dem Recherchenbericht vorliegenden Stand der Technik nicht entnehmbar.  
Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist daher neu und erfinderisch.
4. Gleiches gilt für die vom Anspruch 1 abhängigen Ansprüche 2-7.
5. Die Ansprüche 8 bis 11 beziehen sich auf die Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und sind daher ebenfalls neu und erfinderisch.

**Punkt VIII:**

- 1 Anspruch 1 weist noch einige Unklarheiten auf, die das Verständnis seines beabsichtigten Schutzmanges erschweren könnten.  
So sollte bei dem Verfahrensschritt b) klar hervorgehen, daß bei dem beanspruchten Verfahren für das technische System **im fehlerfreien Fall** eine erste Menge erreichbarer Zustände ermittelt wird.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Auch der Verfahrensschritt e), bei dem *Ergebniszustände aus der Differenzmenge ermittelt werden, die vorgebbaren Bedingungen genügen*, ist nicht völlig klar.

So wird z.B. in der Zusammenfassung ausgeführt, daß eine Differenzmenge von Zuständen der beiden Beschreibungen gebildet wird, für deren Zustände überprüft wird, ob diese Zustände vorgebbaren Bedingungen genügen.

Diese Aussage entspricht aber nicht ganz der Definition im Anspruch 1.

Andererseits wird in der Beschreibung auf Seite 3, letzter Absatz, wiederum ausgeführt, daß durch das Verfahren gewährleistet wird, daß alle für den jeweiligen untersuchten Fehlerfall, d.h. für den fehlerhaften Sensor und/oder Aktor, hinsichtlich vorgebbarer Bedingungen "gefährliche" Zustände ermittelt werden. Dieser Sachverhalt bedarf daher noch einer Klarstellung bzw.

Präzisierung.

Schließlich geht sprachlich nicht eindeutig hervor, ob sich die Verfahrensschritte a) bis e) auf den Rechner oder auf das Verfahren beziehen sollen.

- 2 Die Unteransprüche sind teilweise nicht in klarem technischen Deutsch abgefaßt. Es wird auf die Ausdrücke "Model Checking" in Anspruch 4, "Binary Decision Diagram" in Anspruch 7 und "Rapid Prototyping" in Anspruch 8 verwiesen.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## Beschreibung

Verfahren zur rechnergestützten Fehleranalyse von Sensoren und/oder Aktoren in einem technischen System

5

Für komplexe technische Systeme oder Anlagen ist es von enormer Bedeutung, Aussagen über die Zuverlässigkeit des jeweiligen Systems bzw. der Anlage treffen zu können.

10 Es ist bekannt, daß Aussagen über die Zuverlässigkeit eines beliebigen technischen Systems bzw. einer Anlage manuell, beispielsweise durch eine sog. Fehlerbaumanalyse (vgl. [1]),

oder simulativ bzw. analytisch auf Basis von speziell zu diesem Zweck erstellten Modellen (vgl. [2]) erzeugt werden kön-

15nen. Zur einfacheren Darstellung wird im weiteren nur noch von technischen Systemen gesprochen. Technische Anlagen sind im Rahmen dieses Dokuments jedoch in dem Begriff des techni-

schen Systems umfaßt. Eine vollständige manuelle Ermittlung der Auswirkungen eines technischen Fehlverhaltens von Senso-

20 ren und/oder Aktoren, ist in einem komplexen technischen System aufgrund der vernetzten Abhängigkeiten und der unter-

schiedlichen Realisierungsformen der Steuerung, des gesteuerten Systems und der Sensorik und/oder Aktorik praktisch nicht möglich. Die in [2] beschriebenen analytischen Techniken er-

25 fordern die Erstellung eines speziellen Modells, für das im allgemeinen nicht garantiert werden kann, daß es das jeweils betrachtete System korrekt beschreibt. Dadurch wird natürlich die Qualität der Aussagen erheblich reduziert. Ferner ist ein

erheblicher Nachteil der in [2] beschriebenen Ansätze, daß die Modelle erstellung zusätzlichen Entwicklungsaufwand und Zeit erfordert. Dadurch wird eine kurzfristige Untersuchung alterativer Realisierungen eines technischen Systems, was auch als Rapid Prototyping bezeichnet wird, verhindert.

30 35 Es ist bekannt, ein technisches System in einer zustandsendlichen Beschreibung, z.B. als Automat, zu beschreiben. Eine zustandsendliche Beschreibung weist üblicherweise Zustände

8777768190

१२८ अगस्त २०१७ दिनांकित ग्रन्थ

THIS PAGE BLANK (USPTO)

auf, in denen Aktionen durchgeführt werden, wenn sich das technische System in dem jeweiligen Zustand befindet. Ferner weist die zustandsendliche Beschreibung üblicherweise Zu-standsübergänge auf, die mögliche Wechsel des technischen Sy-

5 stems zwischen Zuständen beschreiben. Auch bei Zustandsüber-gängen kann das technische System Aktionen durchführen. In einem gesteuerten technischen System ist es in diesem Zusam-menhang bekannt, die zustandsendliche Beschreibung derart auszugestalten, daß das Verhalten der Steuerung des techni-

10 schen Systems und das Verhalten der gesteuerten Anlage als Zustandsautomat dargestellt wird. Auch ist bei diesen Ansätzen nicht sichergestellt, daß alle möglichen Fehlerauswirkun-gen auf das System korrekt ermittelt werden.

15 Möglichkeiten zur textuellen Beschreibung eines Zustandsauto-maten, die mit einem Rechner verarbeitet wird, sind z.B. In-terlocking Specification Language (ISL) oder Control Specifi-cation Language (CSL), die in [3] beschrieben sind.

20 Es ist ferner bekannt, eine zustandsendliche Beschreibung für die Generierung von Steuerungen durch einen Rechner und für den rechnergestützten Nachweis von Eigenschaften eines feh-lerfreien technischen Systems zu verwenden.

25 Eine Möglichkeit zum rechnergestützten Nachweis von Eigen-schaften eines fehlerfreien technischen Systems verwendet das Prinzip des sog. Model Checkings, das in [4] beschrieben ist.

Ferner ist es bekannt zur zustandsendlichen Beschreibung ei-30 nes Systems ein sogenanntes Finite State Machine-Format (FSM-Format) zu verwenden, deren Grundlagen in [5] beschrieben sind. Binary Decision Diagrams (BDD) besitzen den Vorteil, in vielen Fällen auch sehr umfangreiche Zustandssysteme kompakt zu repräsentieren.

35 Somit liegt der Erfindung das Problem zugrunde, ein Verfahren zur rechnergestützten Fehleranalyse von Sensoren und/oder Ak-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

toren in einem technischen System anzugeben, mit dem die Korrektheit der Fehleranalyse gewährleistet wird.

Das Problem wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des  
5 Patentanspruchs 1 gelöst.

Das Verfahren wird mit einem Rechner durchgeführt und umfaßt folgende Schritte:

- a) für einen Fehler eines Sensors und/oder eines Aktors des  
10 Systems wird eine zustandsendliche Beschreibung des techni-  
schen Systems für den Fehlerfall ermittelt,
- b) für das technische System wird eine erste Menge erreichba-  
rer Zustände ermittelt,
- c) für das fehlerbehaftete technische System wird eine zweite  
15 Menge erreichbarer Zustände ermittelt,
- d) es wird eine Differenzmenge aus der ersten Menge und der  
zweiten Menge gebildet,
- e) es werden Ergebniszustände aus der Differenzmenge ermit-  
telt, die vorgebbaren Bedingungen genügen.

20 Anschaulich kann die Erfindung dadurch beschrieben werden,  
daß ein Model Checking sowohl für das fehlerfreie technische  
System als auch ein mit einem Fehler eines Sensors und/oder  
Aktors behafteten System durchgeführt wird. Durch das Model  
25 Checking werden alle erreichbaren Zustände des fehlerfreien  
bzw. des fehlerbehafteten Systems ermittelt. Aus diesen Zu-  
ständen wird eine Differenzmenge von Zuständen gebildet. Für  
die Differenzmenge werden die Zustände der Differenzmenge er-  
mittelt, die einer vorgebbaren Bedingung genügen, z.B. einer  
30 Sicherheitsanforderung an das System. Diese Zustände stellen  
für den jeweils untersuchten Fehlerfall einen „gefährlichen“  
Zustand bzgl. der vorgebbaren Bedingung dar.

35 Durch das Verfahren wird gewährleistet, daß alle für den je-  
weils untersuchten Fehlerfall, d.h. für den fehlerhaften Sen-  
sor und/oder Aktor, hinsichtlich vorgebbarer Bedingungen  
„gefährliche“ Zustände ermittelt werden.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

5 Es ist vorteilhaft, das Verfahren für alle möglichen Fehler von Sensoren und/oder Aktoren, die das technische System aufweist, durchzuführen. Auf diese Weise wird für das gesamte System gewährleistet, daß hinsichtlich vorgebbarer Bedingungen alle „gefährlichen“ Zustände ermittelt werden.

10

Ferner ist es vorteilhaft, den Sensoren und/oder Aktoren Ausfallwahrscheinlichkeiten zuzuordnen und die Fehleranalyse unter Berücksichtigung der Ausfallwahrscheinlichkeiten durchzuführen. Auf diese Weise wird es ohne größeren Rechenaufwand 15 bei der Durchführung des Verfahrens mit einem Rechner möglich, für die ermittelten Zustände anzugeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit dieser Zustand tatsächlich erreicht wird, womit eine Risikoabschätzung für das jeweils analysierte System sehr einfach und anschaulich möglich wird.

20

Weiterhin ist es zur weiteren Rechenzeiteinsparung bei der Durchführung des Verfahrens mit einem Rechner vorteilhaft, die zustandsdichte Beschreibung durch einen endlichen Automaten in Form eines Binary Decision Diagrams (BDD) zu realisieren.

Das Verfahren kann durch die oben beschriebenen Eigenschaften sehr vorteilhaft in folgenden Gebieten Verwendung finden:

- beim Rapid Prototyping des technischen Systems.
- im Rahmen der Fehlerdiagnose des technischen Systems.
- zur Generierung kritischer Prüffälle für eine Inbetriebsetzung und einen Systemtest des technischen Systems.
- zur präventiven Wartung des technischen Systems.

35 In den Figuren ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, welches im weiteren näher erläutert wird.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Es zeigen

Figur 1 ein skizzenhafte Darstellung des Verfahrens;

Figur 2 eine Skizze einer zustandsdlichen Beschreibung

einer Steuerung und des durch die Steuerung

5 gesteuerten Prozesses eines technischen Systems,  
wobei die fehlerfreie Steuerung und der Prozeß  
jeweils als ein eigener Zustandsautomat beschrieben  
sind;

Figur 3 eine Skizze der zustandsdlichen Beschreibung aus  
10 Figur 1 mit einem symbolisch dargestellten allge-  
meinen Sensorfehlermodell und Aktorfehlermodell;

Figur 4 eine Skizze der zustandsdlichen Beschreibung aus  
Figur 1 mit einem symbolisch dargestellten nicht-  
persistenzen Fehler eines Sensors;

15 Figur 5 eine Skizze der zustandsdlichen Beschreibung aus  
Figur 1 mit dem Fehler aus Figur 4, wobei als Er-  
satz

des Fehlermodells die Steuerung modifiziert wurde;

Figur 6 eine Skizze einer Draufsicht des Ausführungsbei-  
spiels, einem Hubdrehtisch einer Fertigungszelle;

20 Figur 7 eine Skizze, in der die vorgesehene Bewegung des  
Hubdrehtischs aus Figur 6 dargestellt ist;

Figur 8 eine Skizze des Zustandsraums des fehlerfreien  
Hubdrehtischs;

25 Figur 9 eine Skizze des Zustandsraums eines fehlerbehaftete-  
ten Hubdrehtisch;

Eine geeignete zustandsdliche Beschreibung stellt das Ver-  
halten der Steuerung und das Verhalten der gesteuerten Anlage  
30 als Zustandsautomat dar. Die Darstellung kann auf unter-  
schiedliche Weise, z.B. in textueller Form unter Verwendung  
von ISL oder CSL, erfolgen.

In Figur 2 ist ein einfaches technisches System mit einer

35 fehlerfreien Steuerung FS, Zuständen  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  und Zu-  
standsübergängen  $x_1$ ,  $x_2$  als Zustandsautomat dargestellt. Die  
Steuerung S beschreibt als Zustände Aktoren. Ein gesteuerter

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Prozeß P enthält die Beschreibung von Sensoren  $x_1, x_2, x_3$  als Zustände  $x_1, x_2, x_3$  und Zustandsübergänge  $y_1, y_2, y_3$ .

Die Steuerung S des Systems reagiert auf Meßwerte  $x_j(x_1, x_2, x_3)$  von Sensoren X. Somit werden durch Sensordaten daher in der Steuerung S Zustandsübergänge ausgelöst. Die Zustände sind durch Werte  $y_i (y_1, y_2, y_3)$  von Zustandsvariablen Y charakterisiert, die Aktoren zugeordnet sind. Das Stellen von Aktoren Y löst wiederum Zustandsübergänge in der gesteuerten Anlage, d.h. in dem Prozeß P aus, was sich in einer Modifikation der Werte der Sensoren X äußert.

Die Zustandsautomaten der Steuerung S und des Prozesses P führen alternierend Zustandsübergänge durch. Die Ausgaben des einen Automaten sind die Eingaben des jeweils anderen Automaten.

Die Schnittstelle zwischen Steuerung und gesteuerte Umgebung kann in einer entsprechenden Beschreibung automatisch erkannt werden. Ferner ist es möglich, wie im weiterem detailliert beschrieben wird, einer derartigen Beschreibung den Wertevorrat zu entnehmen, den die einzelnen Werte (Zustände bzw. Zustandsübergänge) annehmen können.

In Figur 3 ist symbolisch eine Fehlermodellierung für fehlerhafte Sensoren in einem Sensorfehlermodell SF und für fehlerhafte Aktoren in einem Aktorfehlermodell AF dargestellt.

Technisch sind also an der Schnittstelle zwischen Steuerung S und gesteuertem Prozeß P Sensoren X und Aktoren Y angeschlossen. Ein Fehlverhalten eines Sensors X führt dazu, daß anstelle des korrekten Meßwerts  $x_j$  ein anderer, fehlerhafter Wert  $x'_j$  an die Steuerung S geliefert wird, d.h. der Steuerung S zugeführt wird. Ein Fehlverhalten eines Aktors äußert sich im Einstellen eines falschen Werts  $y'_i$  anstelle des Werts  $y_i$ . Welche Sensoren X und Aktoren Y vorhanden sind und

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

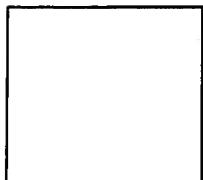
welcher Wertevorrat hier zu berücksichtigen ist, kann der zuständlichen Beschreibung entnommen werden.

Dies gestattet die automatisierte, systematische Analyse der Auswirkungen von Sensor- und Aktorfehlern auf das Verhalten eines gesteuerten Systems. Zwischen den gesteuerten Prozeß P und die Steuerung S werden Sensorfehlermodelle SF bzw. Aktorfehlermodelle AF geschaltet, die den jeweiligen Fehler des Sensors x und/oder Aktors y beschreiben. In der Figur 3 sind beispielhaft Modelle für intermittierende (nicht persistente) Einzelfehler der Sensorik und Aktorik angegeben.

Ein nichtpersistenter Einzelfehler eines Sensors x wird beschrieben durch folgende Vorschrift:

15

$$x'_j = x_j \mid j \neq n \text{ (fehlerfreie Werte)}$$



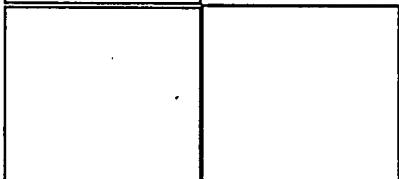
(fehlerhafter Wert).

Ein nichtpersistenter Einzelfehler eines Aktors y wird beschrieben durch folgende Vorschrift:

20



(fehlerfreie Werte)



(fehlerhafter Wert).

Figur 4 zeigt das allgemeine Sensorfehlermodell SF aus Figur 3 für den Fall, daß ein nichtpersistenter Einzelfehler bei einem ersten Sensorwert x1 vorliegt derart, daß der erste Sensorwert x1 entweder den korrekten ersten Sensorwert x1 oder aufgrund eines Sensorfehlers einen zweiten Sensorwert x2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

aufweist, der in diesem Fall ein fehlerhafter Wert wäre. Der zweite Sensorwert  $x_2$  und ein dritter Sensorwert  $x_3$  werden korrekt gemessen.

5 Eine wichtige Frage, die es zu beantworten gilt, ist nun, ob die Kombination aus Steuerung S und gesteuerten Prozeß P aufgrund des Sensorfehlers in kritische Zustände gelangen kann, die im fehlerfreien Fall sicher ausgeschlossen werden konnten.

10

Eine Möglichkeit, diesen Nachweis für den fehlerfreien Fall zu erbringen, bietet das sogenannte Model Checking, welches in [4] beschrieben ist. Dieses Verfahren gestattet es, die Menge der erreichbaren Zustände zu ermitteln und zu untersuchen, ob Zustände enthalten sind, die z.B. Sicherheitsbedingungen verletzen.

15 Um diese Technik zur Fehleranalyse von in dem System enthaltenen Sensoren X und/oder Aktoren Y anwenden zu können, werden hier die Sensorfehlermodelle SF bzw. Aktorfehlermodelle AF durch eine geänderte Steuerungslogik beschrieben (vgl. Figur 5).

20 Die in Figur 5 dargestellte Kombination aus Steuerung S und gesteuertem Prozeß P verhält sich identisch zu dem in Figur 4 dargestellten Modell für den Fehlerfall bei dem ersten Sensorwert  $x_1$ . Es kann hier jedoch auf den Einschub eines expliziten Fehlermodells zwischen Steuerung S und gesteuertem Prozeß P verzichtet werden. Aufgrund des angenommenen intermittierenden Fehlers werden in der Steuerung mit  $x_1$  indizierte Zustandsübergänge parallel zu den mit  $x_2$  markierten Zustandsübergängen hinzugefügt.

25 Damit wird der folgende Sachverhalt beschrieben:  
Der zweite Sensorwert  $x_2$  und der dritte Sensorwert  $x_3$  werden korrekt gemessen. Daher ist das Steuerungsverhalten für diese Werte unmodifiziert. Da ein intermittierender Fehler angenom-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

men wird, kann auch der erste Sensorwert  $x_1$  korrekt gemeldet werden, so daß diese Zustandsübergänge erhalten bleiben.

Würde eine persistente Vertauschung von dem ersten Sensorwert  $x_1$  mit dem zweiten Sensorwert  $x_2$  angenommen, so müßten mit  $x_1$  beschriftete Kanten gelöscht werden. Alle Zustandsübergänge die mit  $x_2$  markiert sind, können nun auch beim Wert  $x_1$  durchlaufen werden. Daher wird eine entsprechende Kante in der Steuerung S ergänzt. Die Steuerung S reagiert auf den Wert  $x_2$ , aber an der Stelle  $x_1$  des Prozesses.

10

Diese Modifikation der Steuerungslogik zur Beschreibung von Fehlern kann formal für alle betrachtbaren Fehler automatisch durch den Rechner durchgeführt werden.

15 Für die entstehenden Modelle können die Fragen nach der Erreichbarkeit von kritischen Zuständen (z.B. Sicherheit, Verklemmungen) ebenfalls durch Anwendung des Model Checkings beantwortet werden. Es erfolgt also eine automatische Ermittlung der im fehlerbehafteten System erreichbaren Zustände  
20 vorzugsweise unter Verwendung des Model Checkings.

Anschließend wird jeweils eine Differenzmenge der im jeweiligen Fehlerfall erreichbaren Zustände und der im fehlerfreien Fall erreichbaren Zustände ermittelt.

25

Aus der Differenzmenge werden jene Zustände ermittelt, die mindestens einer vom Benutzer vorgebbaren Bedingung (z.B. Verletzung einer Sicherheitsanforderung) genügen bzw. diese verletzen, je nach Anwendung.

30

In Figur 1 ist diese Vorgehensweise noch einmal in einem Blockschaltbild symbolisch dargestellt. Für die Steuerung FS und den gesteuerten Prozeß P wird mindestens ein Sensorfehlermodell SF und/oder mindestens ein Aktorfehlermodell AF erstellt, unter deren Berücksichtigung eine formale Analyse der zustandsendlichen Beschreibung für das fehlerbehaftete System vorzugsweise durch Model Checking erfolgt.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Für das Ergebnis des Vergleichs mit dem fehlerfreien System und der Ermittlung „gefährlicher“ Zustände werden die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Sensor- bzw. Aktorfehlern 5 und dem möglichen Eintritt der betrachteten Wirkung ermittelt und vorzugsweise in einem Ursache-Wirkungs-Graph dargestellt.

In Figur 6 ist ein technisches System in Form eines Hubdreh-10 tischs HD einer Fertigungszelle FZ dargestellt, mit dem das Verfahren noch detaillierter dargestellt werden soll.

Die Fertigungszelle FZ weist ein zuführendes Förderband FB, an dessen Ende ein Hubdrehtisch Werkstücke WS aufnimmt und einem Roboter R zuführt. Der Roboter R legt das Werkstück WS 15 in eine Presse PR und gibt es nach dem Formen auf ein wegführendes Band WB. Die Fertigungszelle FZ enthält entsprechende Sensoren X und Aktoren Y.

Der Hubdrehtisch HD kann sich mit Hilfe zweier Antriebe 20 (nicht dargestellt) in vertikaler (vmov) und horizontaler (hmov) Richtung bewegen. Jeder Antrieb kann in negative (minus) oder positive (plus) Richtung angesteuert werden oder stillstehen (stop).

Der Hubdrehtisch HD verfügt über Sensoren X zur vertikalen 25 (vpos) und horizontalen (hpos) Positionserfassung, die die Positionen x0 (unten), x1 (mitte) und x2 (oben) unterscheiden können. Zusätzlich erfaßt ein weiterer Sensor (part\_on\_table) (nicht dargestellt) das Vorhandensein eines Werkstücks WS auf 30 dem Hubdrehtisch HD.

Die Ausgangsposition AP des Hubdrehtischs HD ist am unteren, linken Anschlag ( $x_0, x_0$ ) ohne Werkstück WS (vgl. Figur 7). Falls ein Werkstück WS vom zuführenden Förderband FB auf den 35 Hubdrehtisch HD fällt, so ist die Zielposition ZP des Hub-drehtischs HD oben rechts ( $x_2, x_2$ ).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Der Hubdrehtisch HD darf niemals eine andere horizontale Position als x0 (linker Anschlag) in Kombination mit der vertikalen Position x0 (unten) einnehmen, da er sonst mit dem zuführenden Förderband FB kollidieren würde (verbeter Bereich VB).

Im weiteren ist eine Beschreibung des Zustandsautomaten der Steuerung FS des Hubdrehtischs HD in CSL angegeben:

```

10  CSLxtClasses table
    Types
        bool          = [nein, ja];
        posType       = [x0, x1, x2];
        movType       = [stop, plus, minus] ;
15
    Class pcd

    StateVariables
        input  vpos           : posType default x0;
20      input  hpos           : posType default x0;
        input  part_on_table : bool    default nein;
        output vmov: movType default stop;
        output hmov: movType default stop;

25  Transitions
    start_up   := (part_on_table = ja /\ vpos = x0)
                ==> (** vmov = plus);
    rotate     := (part_on_table = ja /\ vpos = x1 /\ hpos < x2)
                ==> (** hmov = plus);
30    stophigh   := (part_on_table = ja /\ vpos = x2)
                ==> (** vmov = stop);
    stop45     := (part_on_table = ja /\ hpos = x2)
                ==> (** hmov = stop);
    rotate_back := (part_on_table = nein /\ vpos = x2 /\
35            /\ hpos = x2) ==> (** hmov = minus);
    start_down  := (part_on_table = nein /\ hpos = x0 /\
                    /\ vpos = x2) ==> (** hmov = stop /\

```

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

```

    /\ ** vmov = minus);
stoplow := (part_on_table = nein /\ vpos = x0)
==> (** vmov = stop);

5   End /* Class pcd_controll*/
End table
CSLInstances i
    table : pcd;
End i

```

10

Die oben angegebene Beschreibung in CSL legt die Steuerungslogik des Hubdrehtischs HD fest. Der Kopf der CSL-Beschreibung vereinbart Datentypen (Wertebereiche) der Zustandsvariablen. Die anschließende Deklaration der Zustandsvariablen nutzt diese Typvereinbarungen und legt zusätzlich Anfangswerte fest. Anhand der Vereinbarung von Zustandsvariablen als Input oder Output kann festgestellt werden, ob es sich um eine Zustandsvariable handelt, die den Prozeßzustand darstellt oder ob sie Zustände der Steuerung FS kodiert. Inputvariablen der Steuerung FS kodieren Prozeßzustände. Outputvariablen der Steuerung FS kodieren Steuerungszustände. Die Zeile „input vpos: postType default x0“ deklariert eine Zustandsvariable mit Namen „vpos“, die die Werte x0, x1 und x2 (die Werte des Typs postType) annehmen kann und deren Anfangswert x0 ist.

Die Transitionen (Transitions) dienen zur Beschreibung der Steuerungslogik. Transitionen werden ausgelöst durch Wertekombinationen der Inputvariablen der Steuerung FS, die Prozeßzustände darstellen - also die Position des Hubdrehtischs HD in der vertikalen (vpos) und der horizontalen (hpos) Bewegungsrichtung und das Vorhandensein eines Werkstücks WS auf dem Hubdrehtisch HD (part\_on\_table). Die Werte der Outputvariablen vmov und hmov werden durch die Transitionen, die die Steuerungslogik implementieren, modifiziert. Sie beschreiben die Zustände der Steuerung. Ihre Werte werden allein durch

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Zustandsübergänge der Steuerung, also durch die der Steuerung eingeprägte Logik modifiziert.

Diese Informationen können aus der CSL-Beschreibung automatisch entnommen werden. Es kann zwischen Eingaben der Steuerung (Inputs, Sensordaten) und Ausgaben der Steuerung (Outputs: Aktorkommandos) unterschieden werden. Außerdem sind die jeweils möglichen Werte erkennbar (Typdeklarationen).

Die Informationen bleiben im wesentlichen auch nach der Übersetzung der CSL-Beschreibung in das sogenannte Finite State Machine-Format (FSM-Format) erhalten. Dieses FSM-Format repräsentiert die zustandsendliche Beschreibung in Form sogenannter Binary Decision Diagrams (BDD), die den Vorteil besitzen, in vielen Fällen auch sehr umfangreiche Zustandssysteme kompakt zu repräsentieren. Eine Übersicht über Binary Decision Diagrams (BDD) ist in [5] beschrieben.

Ein Prozeßmodell zur Beschreibung der Reaktionen des gesteuerten Prozesses ist ergänzend zur in CSL beschriebenen Steuerungslogik erforderlich, um z.B. Aussagen über die Menge der erreichbaren Zustände zu ermöglichen. Dies kann im Rahmen des Model Checkings mit Hilfe sogenannter Assumptions, erfolgen. Da das Model Checking auch im Rahmen der formalen Verifikation der fehlerfreien Steuerung üblicherweise verwendet wird, sind diese Assumptions üblicherweise bereits vorhanden und können im Rahmen dieser Analyse erneut verwendet werden.

Mit den Assumptions wird beschrieben, wie sich die Positionen des Hubdrehtisches HD und das Vorhandensein eines Werkstücks WS in Abhängigkeit der Bewegungsrichtung und der aktuellen Position verändern können. Die unten dargestellte Assumption ('table.vmov' = stop /\ 'table.vpos' = x0) /\ x('table.vpos' = x0) stellt dar, daß, falls die vertikale Bewegung gestoppt ist und die aktuelle vertikale Position unten (x0) ist, auch im nächsten Zustand die vertikale Position x0 ist. Dieser Assumption liegt der Sachverhalt zugrunde, daß

THIS PAGE BLANK (USPTO)

sich Positionen nicht ändern, falls keine Bewegung stattfindet.

Im weiteren sind mögliche Assumptions, d.h. Bedingungen für  
5 die oben beschriebene Steuerung FS beschrieben:

```

process:=g (((('table.vmov' = stop /\ 'table.vpos' = x0) /\
10   /\ x('table.vpos' = x0) \/\ ('table.vmov' = stop /\\
   /\ 'table.vpos' = x1) /\ x('table.vpos' = x1) /\
   /\ ('table.vmov' = stop /\ 'table.vpos' = x2) /\\
   /\ x('table.vpos' = x2) /\
   /\ ('table.vmov' = plus /\ 'table.vpos' = x0) /\
   /\ x('table.vpos' = x0) \/\ 'table.vpos' = x1) \/
15   /\ ('table.vmov' = plus /\ 'table.vpos' = x1) /\
   /\ x('table.vpos' = x1) \/\ 'table.vpos' = x2) \/
   /\ ('table.vmov' = plus /\ 'table.vpos' = x2) /\
   /\ x('table.vpos' = x2) \/\ ('table.vmov' = minus) /\
   /\ 'table.vpos' = x0) /\ x('table.vpos' = x0) \/
20   /\ ('table.vmov' = minus /\ 'table.vpos' = x1) /\
   /\ x('table.vpos' = x0) \/\ 'table.vpos' = x1) \/
   /\ ('table.vmov' = minus /\ 'table.vpos' = x2) /\
   /\ x('table.vpos' = x2) \/\ ('table.vmov' = x1)) /\
25   /\ (((('table.hmov' = stop /\ 'table.hpos' = x0) /\
   /\ x('table.hpos' = x0) \/\ ('table.hmov' = stop /\\
   /\ 'table.hpos' = x1) /\ x('table.hpos' = x1) \/
   /\ ('table.hmov' = stop /\ 'table.hpos' = x2) /\
   /\ x('table.hpos' = x2) \/\ ('table.hmov' = plus) /\
   /\ 'table.hpos' = x0) /\ x('table.hpos' = x0) \/
30   /\ 'table.hpos' = x1) \/\ ('table.hmov' = plus /\\
   /\ 'table.hpos' = x1) /\ x('table.hpos' = x1) \/
   /\ 'table.hpos' = x2) \/\ ('table.hmov' = plus) /\
   /\ 'table.hpos' = x2) /\ x('table.hpos' = x2) \/
   /\ ('table.hmov' = minus /\ 'table.hpos' = x0) /\
35   /\ x('table.hpos' = x0) \/\ ('table.hmov' = minus) /\
   /\ 'table.hpos' = x1) /\ x('table.hpos' = x0) \/
   /\ 'table.hpos' = x1) \/\ ('table.hmov' = minus) /\
   /\ 'table.hpos' = x2) /\ x('table.hpos' = x1) \/

```

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

15

```

    \/\ 'table.hpos' = x2)) /\ (('table.vpos' = x0 /\
    /\ 'table.hpos' = x0 /\ 'table.vmov' = stop /\
    /\ 'table.hmov' = stop /\
    /\ 'table.part_on_table' = nein /\
5   /\ x('table.part_on_table' = ja)) /\
    \/\ ('table.vpos' = x2 /\ 'table.hpos' = x2 /\
    /\ 'table.vmov' = stop /\ 'table.hmov' = stop /\
    /\ 'table.part_on_table' = ja /\
    /\ x('table.part_on_table' = nein)) /\
10  /\ ('table.part_on_table' = ja /\
    /\ x('table.part_on_table' = ja)) /\
    \/\ ('table.part_on_table' = nein) /\
    /\ x('table.part_on_table' = nein))).
```

15 In Figur 8 ist ein Zustandsraum ZR des Hubdrehtischs HD und die Bewegung des fehlerfreien Hubdrehtischs HD im Zustandsraum ZR dargestellt, wie er sich nach Durchführung des Model Checkings auf die zustandsendliche Beschreibung der fehlerfreien Steuerung FS mit den angegebenen Assumptions ergibt.

20 In den Zeilen ist jeweils ein Wertepaar für das Tripel der Variablen (vpos, hpos, part\_on\_table) dargestellt. In den Spalten ist jeweils ein Wertepaar für das Tupel der Variablen (vmov, hmov) mit den jeweils oben definierten Wertemengen dargestellt.

25 Schraffiert Kreise in dem Zustandsraum ZR markieren hinsichtlich der Sicherheitsbedingung „verbotene“ bzw. „gefährliche“ Zustände. Fett markierte Kreise in dem Zustandsraum ZR markieren Zustände, die der Hubdrehtisch HD gemäß der oben angegebenen Beschreibung annehmen kann. Diese wurden durch das Model Checking ermittelt. Durch Pfeile sind Zustandsübergänge in dem Zustandsraum ZR angedeutet.

35 In Figur 9 ist der Zustandsraum ZR des Hubdrehtischs HD und die Bewegung des Hubdrehtischs HD im Zustandsraum ZR dargestellt, falls der Sensor 'part\_on\_table' fehlerhafterweise

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

ein Werkstück WS meldet. In Figur 9 werden die gleichen Bezeichnungen verwendet wie in Figur 8. Es ist deutlich zu erkennen, daß für diesen Fehlerfall Zustände auftreten können, die im fehlerfreien System nicht erreichbar sind. Diese Zustände sind in Figur 9 mit VZ bezeichnet.

Den einzelnen Sensoren x und/oder Aktoren y werden Ausfallwahrscheinlichkeiten zugeordnet, die jeweils die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Fehlers bei dem Sensor x bzw. Aktor y beschreiben. Durch Verknüpfung von Verbundwahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Fehlern verschiedener Sensoren und/oder Aktoren und für das Auftreten verschiedener Zustände kann durch diese Vorgehensweise eine sehr einfach Risikoabschätzung für das technische System erfolgen. Details zur Berechnung abhängiger Wahrscheinlichkeiten in Fehlerbaämen sind in [1] zu finden.

Somit erfolgt die Fehleranalyse unter Berücksichtigung der Ausfallwahrscheinlichkeiten.

20

Das Verfahren wird vorzugsweise für alle möglichen Fehler der vorhandenen Sensoren und/oder Aktoren durchgeführt.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Im Rahmen dieses Dokuments wurden folgende Veröffentlichungen zitiert:

- [1] DIN 25424, Teil 1: Fehlerbaumanalyse: Methode und Bildzeichen; Teil 2: Handrechenverfahren zur Auswertung eines Fehlerbaums  
5
- [2] J. Dekleer und B. C. Williams, Diagnosing Multiple Faults, , Elsevier Science Publishers, Artificial Intelligence, Vol. 32, 1987, S. 97 -130  
10
- [3] K. Nökel, K. Winkelmann, Controller Synthesis and Verification: A Case Study, in: C. Leverentz, T. Lindner, Formal Development of Reactive Systems, Lecture Notes in Computer Science (Nr. 891), Springer 1995, S. 55 - 74  
15
- [4] J. Burch et al, Symbolic Model Checking for Sequential Circuit Verification, IEEE Trans. on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, Vol. 13, Nr. 4, S. 401 - 424, April 1994  
20
- [5] R. Bryant, Symbolic Boolean Manipulation with Ordered Binary-Decision Diagrams, ACM Computing Survey, Vol. 24, Nr. 3, S. 293 - 318, September 1992

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## Patentansprüche

1. Verfahren zur rechnergestützten Fehleranalyse von Sensoren und/oder Aktoren in einem technischen System, welches in Form einer zustandsendlichen Beschreibung vorliegt, die Zustände des technischen Systems aufweist, durch einen Rechner,
  - a) bei dem für einen Fehler eines Sensors und/oder eines Aktors eine zustandsendliche Beschreibung des technischen Systems für den Fehlerfall ermittelt wird,
  - b) bei dem für das technische System eine erste Menge erreichbarer Zustände ermittelt wird,
  - c) bei dem für das fehlerbehaftete technische System eine zweite Menge erreichbarer Zustände ermittelt wird,
  - d) bei dem eine Differenzmenge aus der ersten Menge und der zweiten Menge gebildet wird,
  - e) bei dem Ergebniszustände aus der Differenzmenge ermittelt werden, die vorgebbaren Bedingungen genügen.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
  - bei dem die Verfahrensschritte a) bis f) für alle möglichen Fehler von Sensoren und/oder Aktoren, die das technische System aufweist, durchgeführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
  - bei dem den Sensoren und/oder Aktoren Ausfallwahrscheinlichkeiten zugeordnet werden, und
  - bei dem die Fehleranalyse unter Berücksichtigung der Ausfallwahrscheinlichkeiten erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
  - bei dem die Verfahrensschritte b) und c) nach dem Verfahren des Model Checking erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
  - bei dem in dem Verfahren eine zustandsendliche Beschreibung eines von dem technischen System durchgeföhrten Prozesses berücksichtigt wird.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
bei dem die zustandsendliche Beschreibung durch einen endlichen Automaten realisiert wird.

5

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
bei dem die zustandsendliche Beschreibung durch einen endlichen Automaten in Form eines Binary Decision Diagrams (BDD)  
realisiert wird.

10

8. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7  
beim Rapid Prototyping des technischen Systems.

9. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7  
15 im Rahmen der Fehlerdiagnose des technischen Systems.

10. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7  
zur Generierung kritischer Prüffälle für eine Inbetriebsetzung und einen Systemtest des technischen Systems.

20

11. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7  
zur präventiven Wartung des technischen Systems.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## Zusammenfassung

Verfahren zur rechnergestützten Fehleranalyse von Sensoren  
und/oder Aktoren in einem technischen System

5

Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem für einen Fehler eines Sensors und/oder eines Aktors eine zustandsendliche Beschreibung des technischen Systems für den Fehlerfall und eine zustandsendliche Beschreibung des technischen Systems für den fehlerfreien Fall ermittelt wird. Für beide Beschreibungen werden jeweils die erreichbaren Zustände vorzugsweise mittels Model Checking ermittelt. Es wird eine Differenzmenge von Zuständen der beiden Beschreibungen gebildet, für deren Zustände überprüft wird, ob diese Zustände vorgebbaren Bedingungen genügen (z.B. Sicherheitsbedingungen).

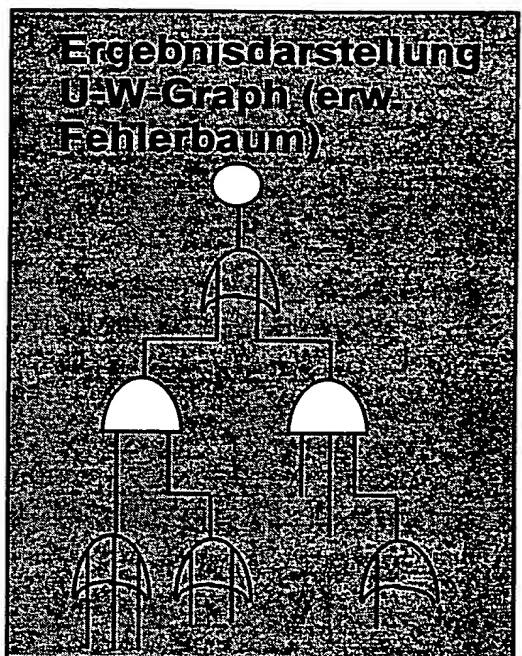
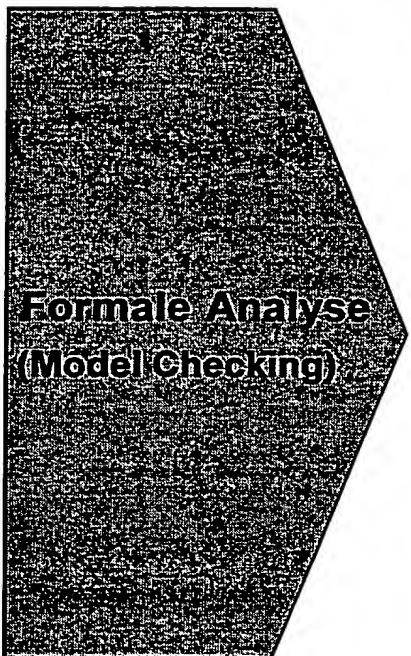
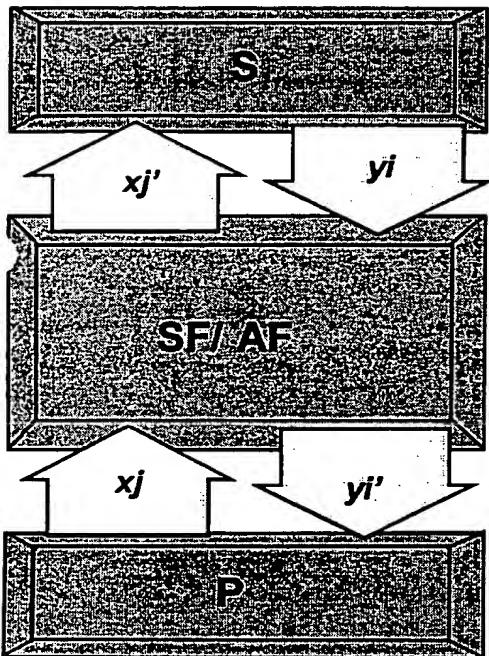
10

15

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG 1

1/9



8777023180

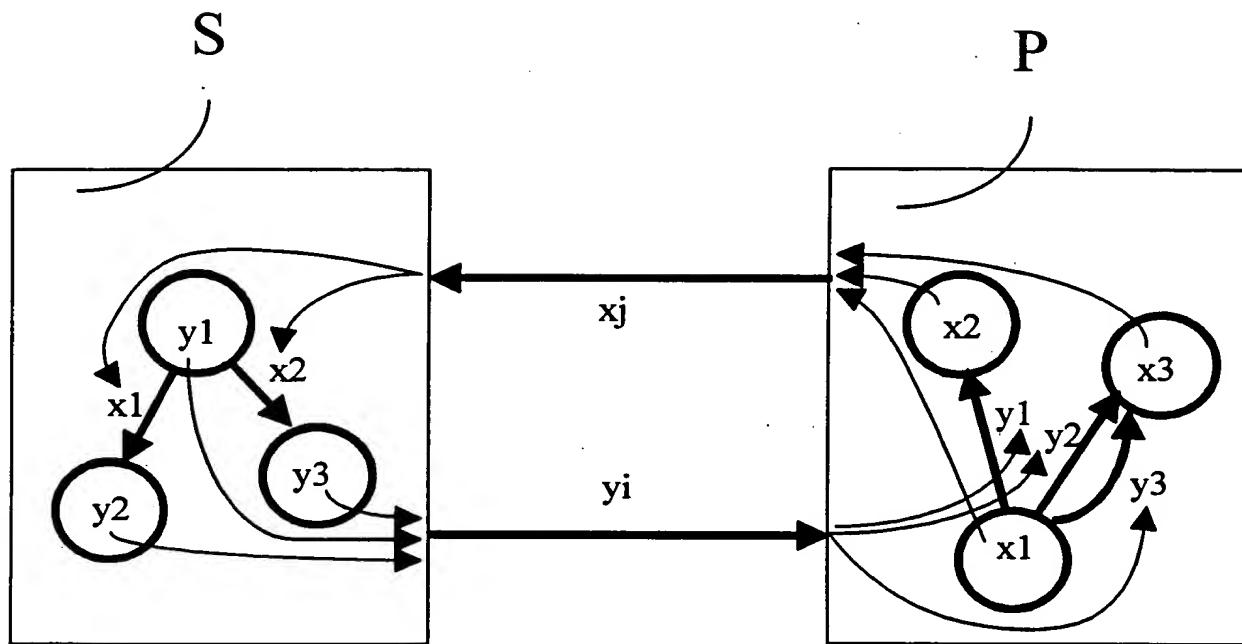
514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

THIS PAGE BLANK (USPTO)

0001 300A 3 : 0714109 050A 113

2/9

FIG 2



871166166

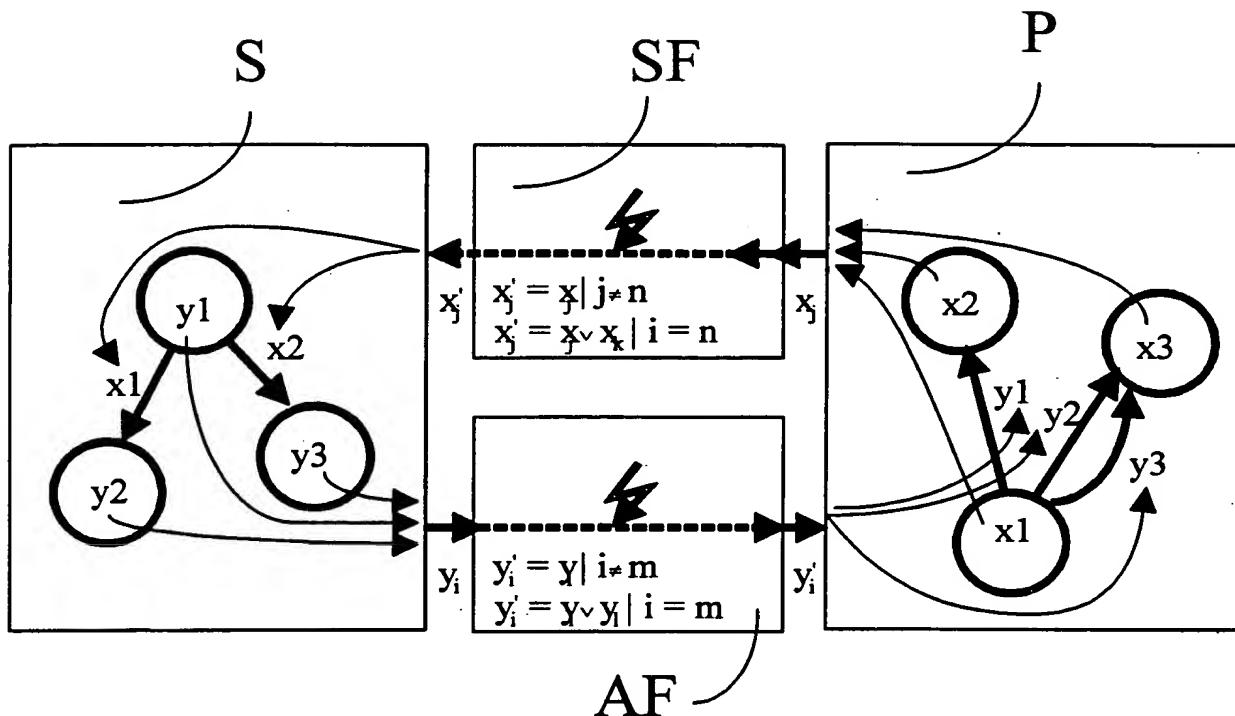
514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

THIS PAGE BLANK (USPTO)

GCR USA 21 OT94709 US64 Atc.

3/9

FIG 3



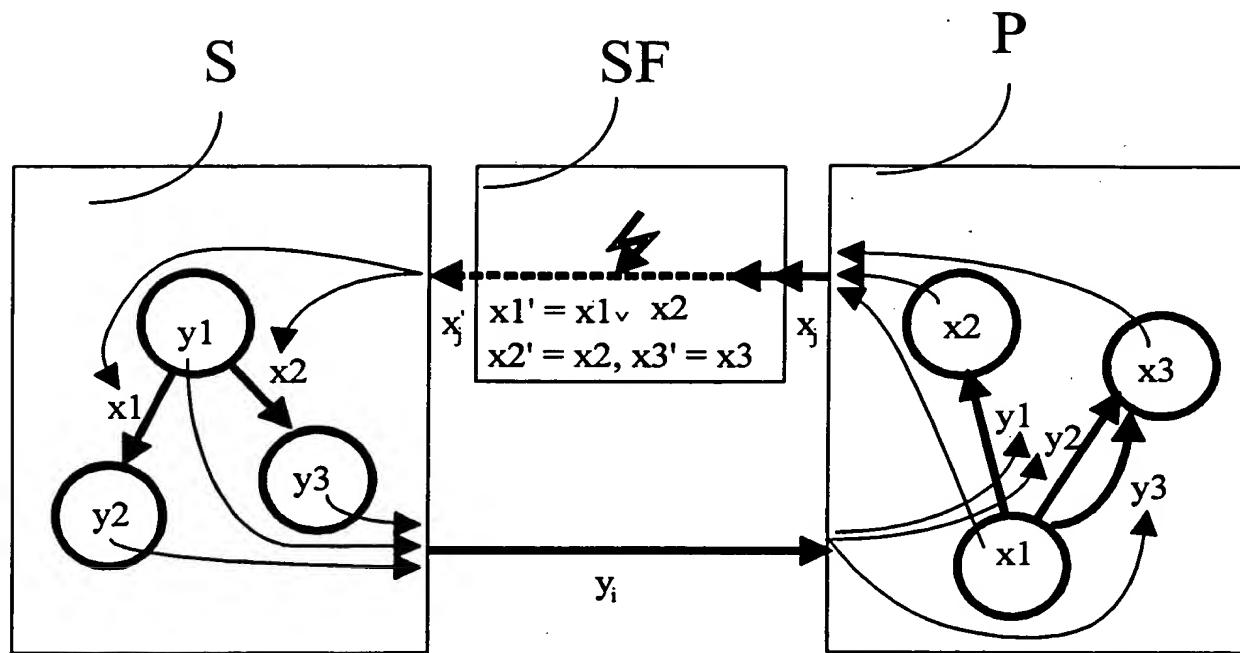
8711100

514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

THIS PAGE BLANK (USPTO)

4/9

FIG 4



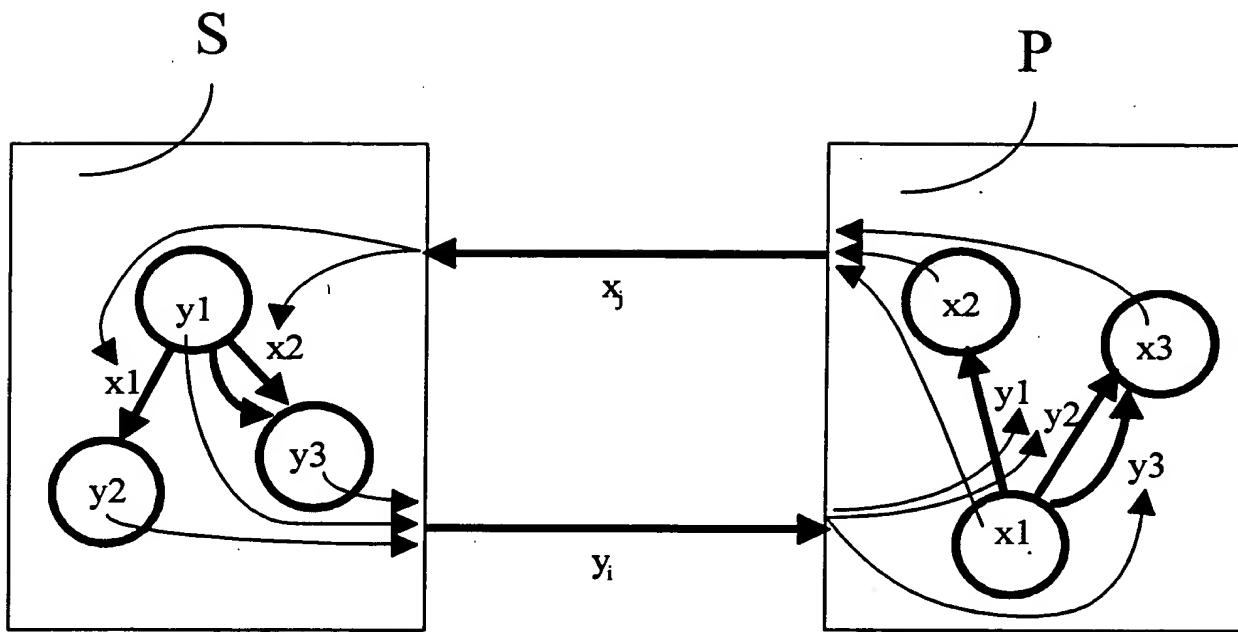
514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

; VEN DUA 6 : OPERATOR'S AREA

5/9

FIG 5



514 Rec'd PCT/PTO : 8 AUG 1999

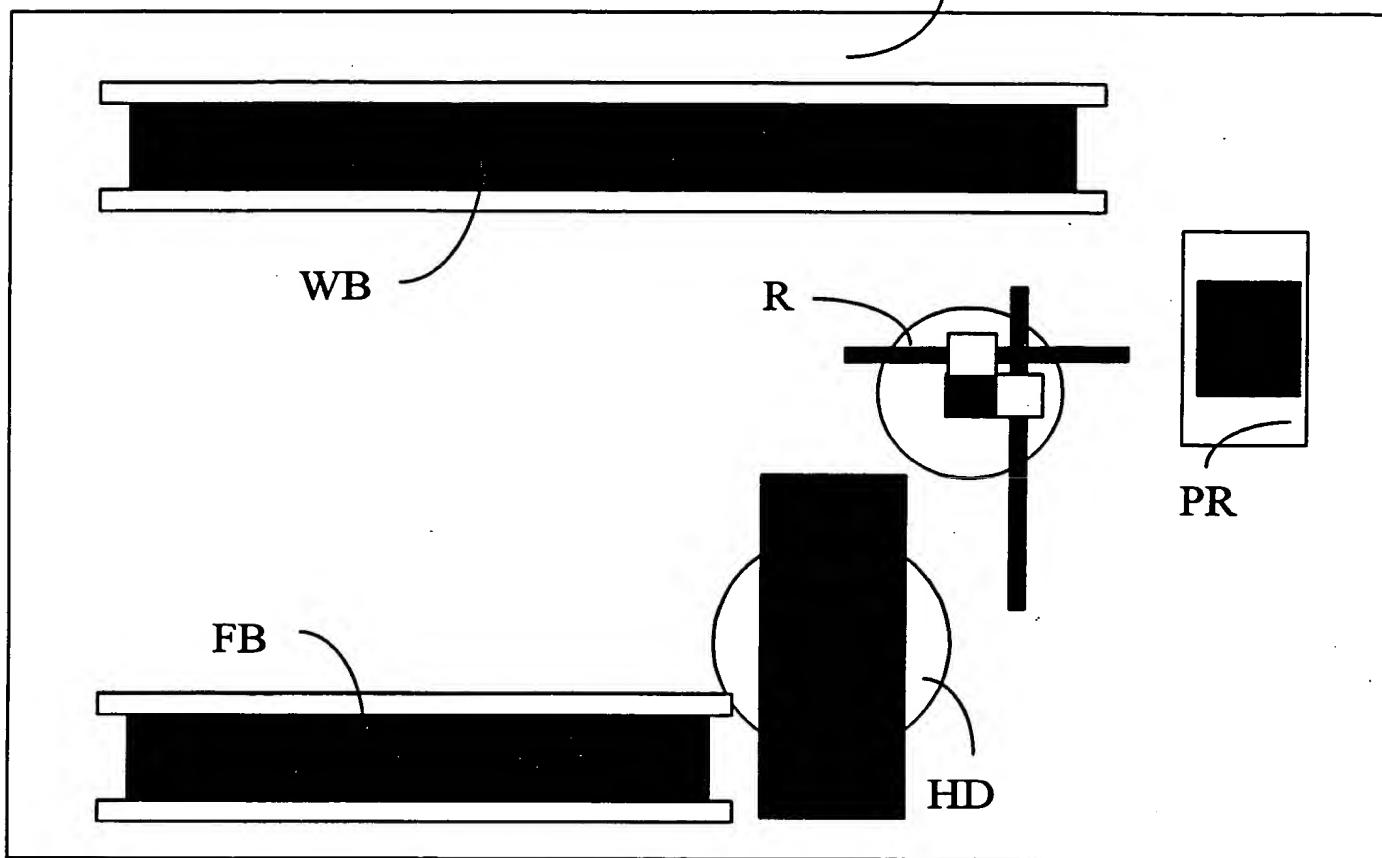
THIS PAGE BLANK (USPTO)

P&amp;H 30A 8.1 0794109058A 4/2

FIG 6

6/9

FZ



8111cc, 180

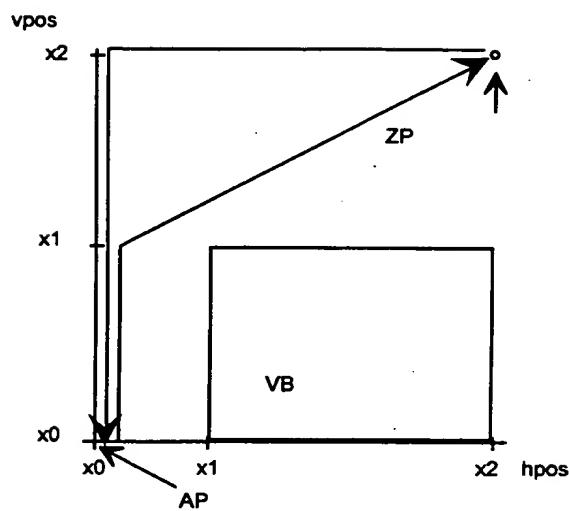
514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2007 09A 8 : 014104 URGENT

7/9

FIG 7



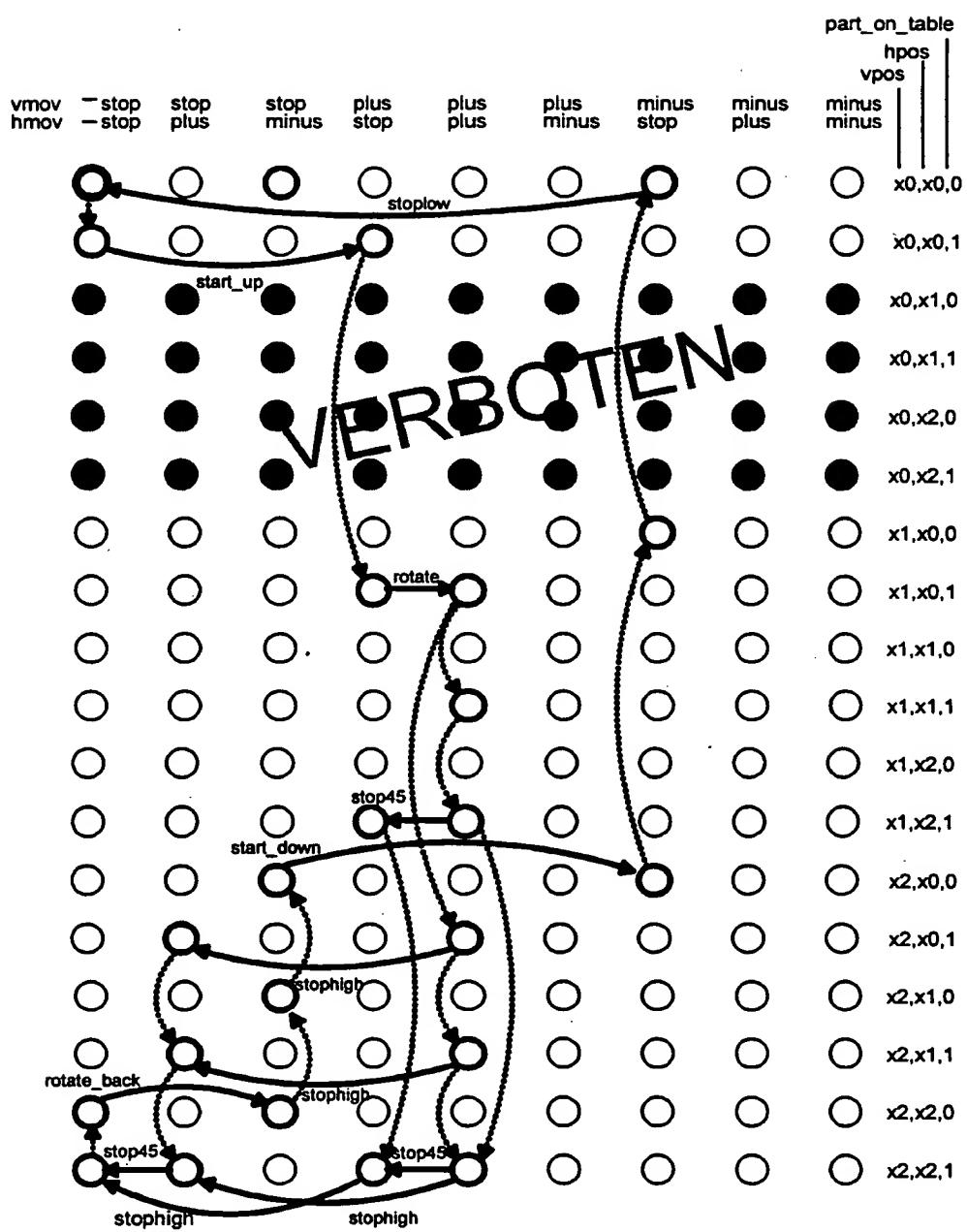
85510214

514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

THIS PAGE BLANK (USPTO)

8/9

FIG 8



514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

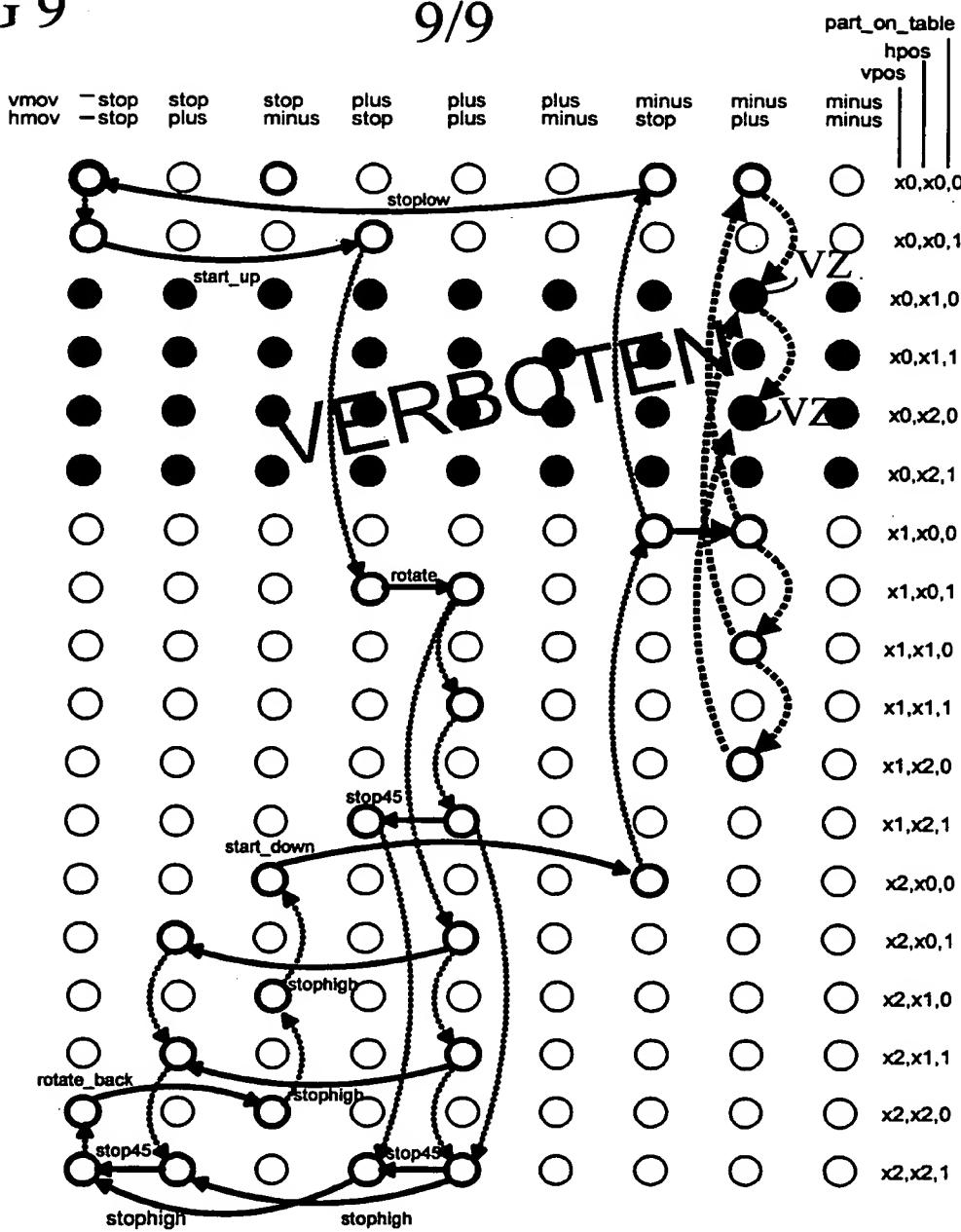
*THIS PAGE BLANK (USPTO)*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

FBI Lab 31 - OPERATION BUSH HOG

FIG 9

9/9



514 Rec'd PCT/PTO 18 AUG 1999

THIS PAGE BLANK (USPTO)